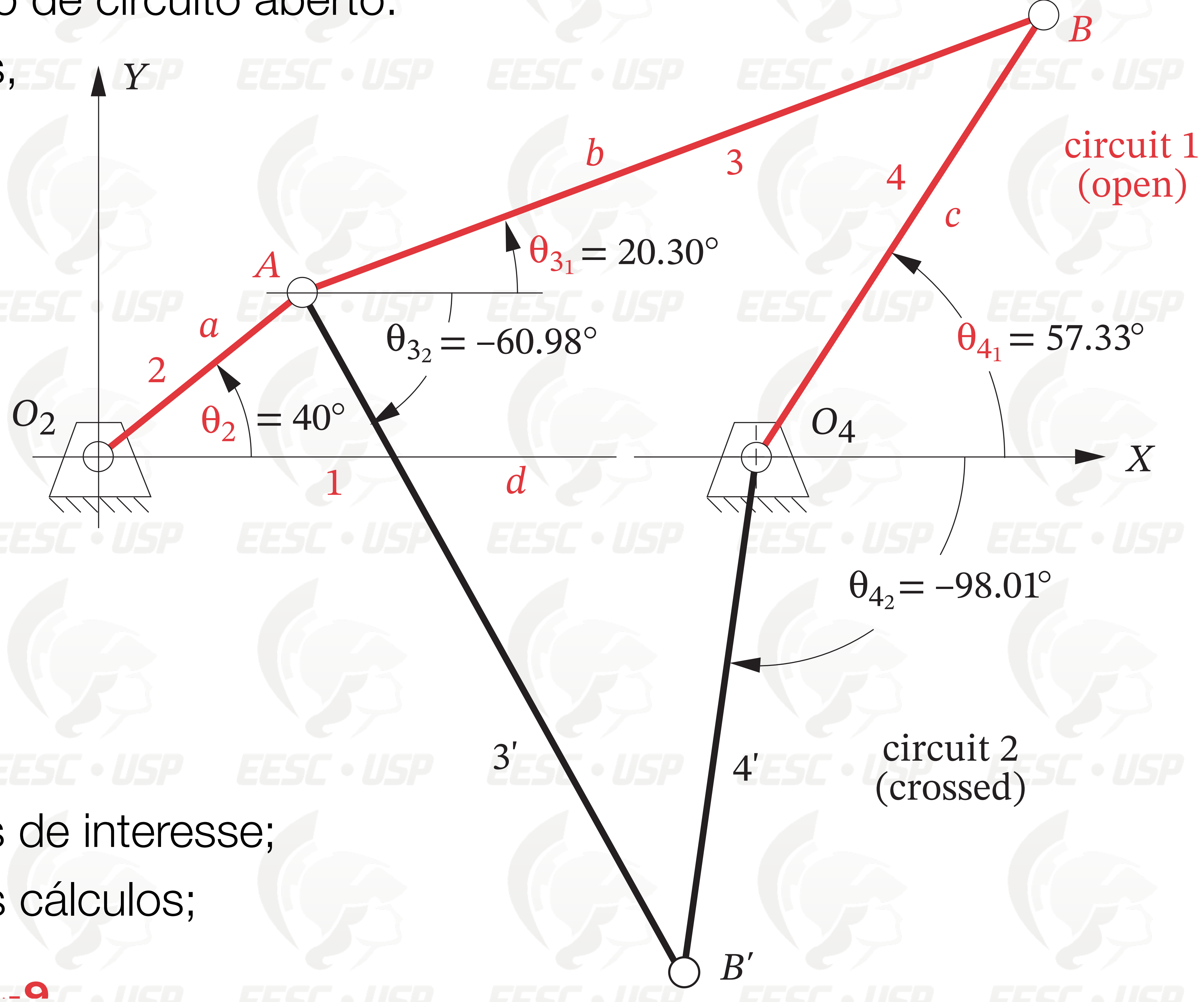
Prática 4 - Análise de força e torque

Um mecanismo de quatro barras tem elos $L_1 = d = (100 + \delta)$ mm, $L_2 = a = (40 - \delta)$ mm, $L_3 = b = (120 + \delta)$ mm, $L_4 = c = (80 - \delta)$ mm, com $\delta = N/4$ e sendo N formado pelos dois últimos algarismos do Número USP do aluno. Considere que todos os elos são barras esbeltas uniformes e homogêneas com densidade linear $\rho_L = 3$ kg m^{-1}. Considere $\theta_2^{init} = 40^o$, $\omega_2 = 4\pi$ rad/s e $\alpha_2 = 0$ rad/s^2. Com auxílio de software de cálculo (p.ex. MATLAB, Octave,…) e para duas revoluções completas do elo de atuação (elo 2) na condição de circuito aberto:

- Na ausência de forças ou torques resistentes, calcule o torque necessário ($\mathbf{T}_{12}$) no elo 2 para a execução do movimento;
- Calcule as forças e torques aplicados aos suportes pelo mecanismo ($\mathbf{F}_{21}$, $\mathbf{F}_{41}$ e $\mathbf{T}_s$);
- Apresente os resultados em gráficos de força e torque vs. tempo;
- Determine os valores máximos e mínimos dessas forças e torques.



Anexar um documento PDF contendo:

- Cálculos usados para determinar as variáveis de interesse;
- Script (código) implementado para realizar os cálculos;
- Gráficos solicitados.

Marcelo A. Trindade
(trindade@sc.usp.br)

5.4. Análise de força e torque em mecanismos comuns

- Análise de forças e torques em mecanismos comuns (Quatro barras)
  - Para o elo 2 (elo de atuação):

$$F_{12_x} + F_{32_x} = m_2 a_{G_{2x}}$$

$$F_{12_y} + F_{32_y} = m_2 a_{G_{2y}}$$

$$T_I + (R_{12_x} F_{12_y} - R_{12_y} F_{12_x}) + (R_{32_x} F_{32_y} - R_{32_y} F_{32_x}) = I_{G_2} \alpha_2$$

  - Para o elo 3 (elo de acoplamento):

$$F_{P_x} + F_{23_x} + F_{43_x} = m_3 a_{G_{3x}}$$

$$F_{P_y} + F_{23_y} + F_{43_y} = m_3 a_{G_{3y}}$$

$$(R_{P_x} F_{P_y} - R_{P_y} F_{P_x}) + (R_{23_x} F_{23_y} - R_{23_y} F_{23_x}) + (R_{43_x} F_{43_y} - R_{43_y} F_{43_x}) = I_{G_3} \alpha_3$$

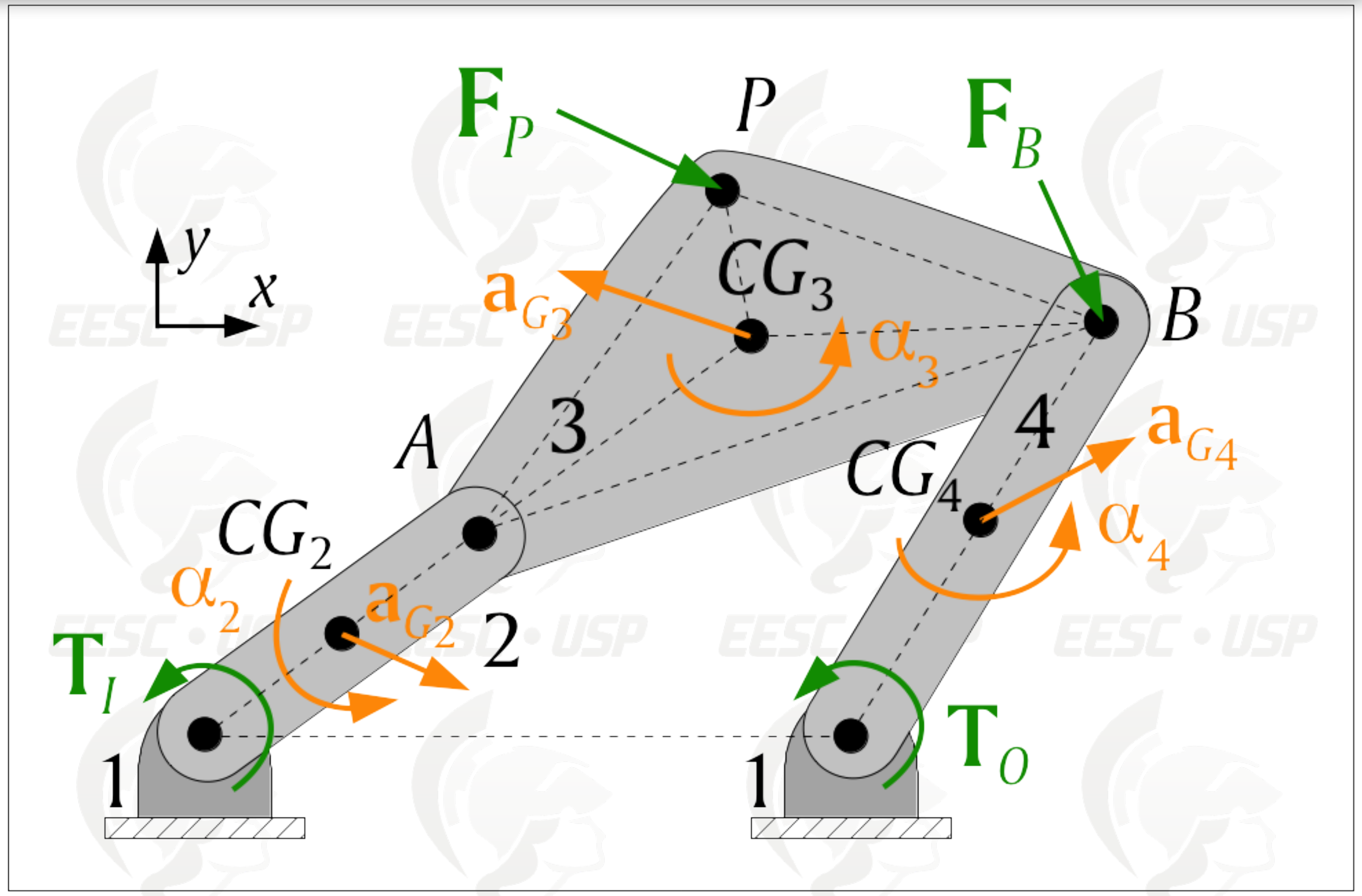
  - Para o elo 4 (elo de saída):

$$F_{34_x} + F_{14_x} = m_4 a_{G_{4x}}$$

$$F_{34_y} + F_{14_y} = m_4 a_{G_{4y}}$$

$$(R_{14_x} F_{14_y} - R_{14_y} F_{14_x}) + (R_{34_x} F_{34_y} - R_{34_y} F_{34_x}) + T_O = I_{G_4} \alpha_4$$

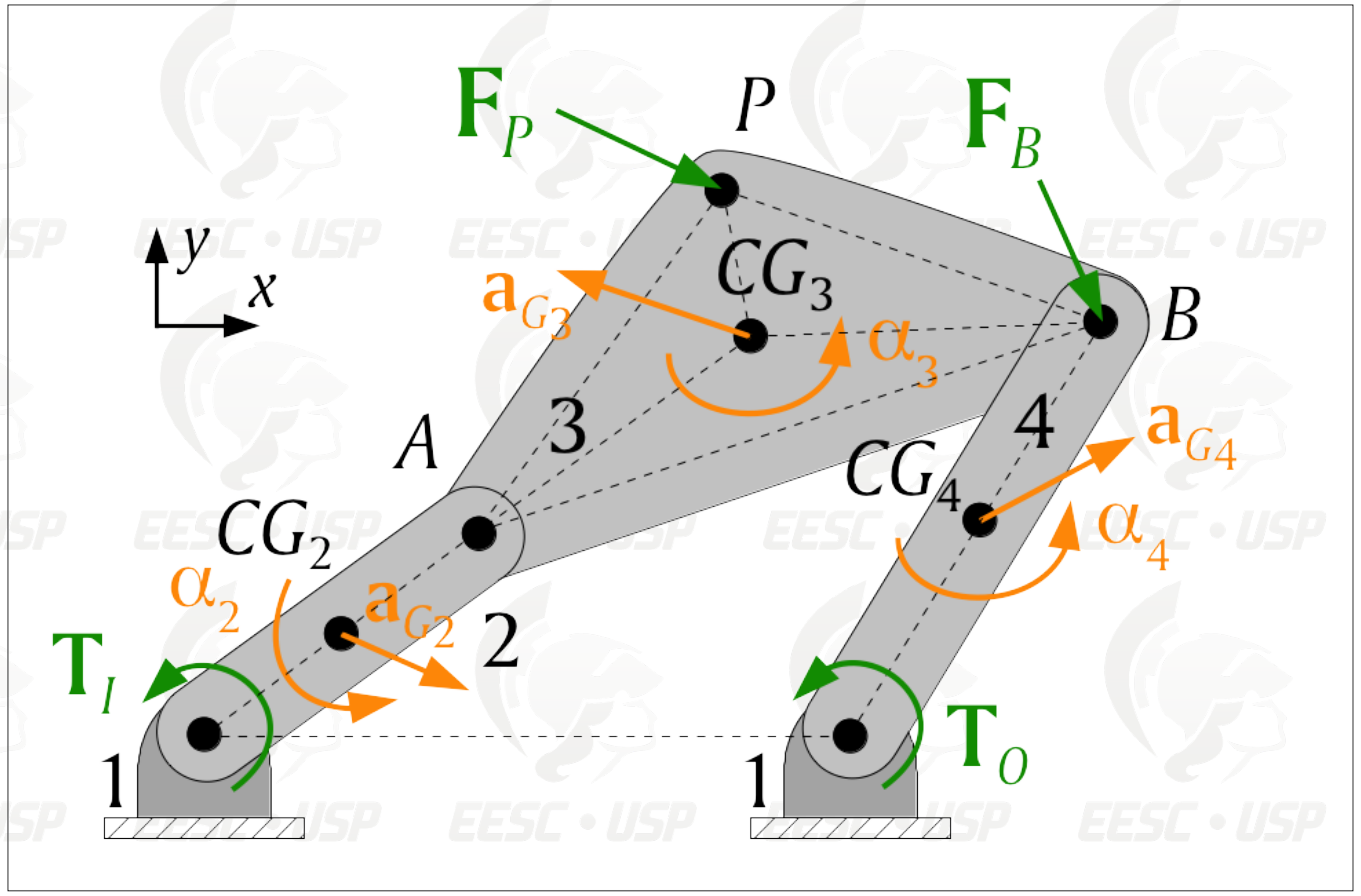
  - Assim, temos 9 equações para 8 forças de vínculo, 9 componentes de aceleração, 2 torques (entrada e saída), e 2 componentes de força na ponteira. Se conhecemos o movimento, as componentes de aceleração são dadas. Podemos então, p.ex.:
    - Calcular o torque T_I necessário para realizar um dado movimento dada resistência $\mathbf{F}_P$ e T_O



Marcelo A. Trindade
(trindade@sc.usp.br)

5.4. Análise de força e torque em mecanismos comuns

- Análise de forças e torques em mecanismos comuns (Quatro barras)
  - Como no caso anterior, a solução do sistema de equações (na forma $\mathbf{Ax} = \mathbf{b} \rightsquigarrow \mathbf{x} = \mathbf{A}\backslash\mathbf{b}$), retorna as variáveis de interesse e também outras variáveis úteis (como as forças de vínculo)
  - No caso de uma análise ao longo de um ciclo, podemos resolver o sistema para cada instante (em função do tempo) ou configuração (em função de θ_2 p.ex.) considerada
  - Reparem que, como no caso anterior, as componentes dos vetores posição (R_{ij_x}, R_{ij_y}) variam com o movimento e, portanto, deveriam ser parametrizadas conforme a posição angular do elo em questão
  - Como no caso anterior também, se o atrito nas juntas for considerado, um modelo para os torques resultantes deveria ser formulado em função do movimento do mecanismo e, assim, não resultaria em incógnitas adicionais



Marcelo A. Trindade
(trindade@sc.usp.br)